

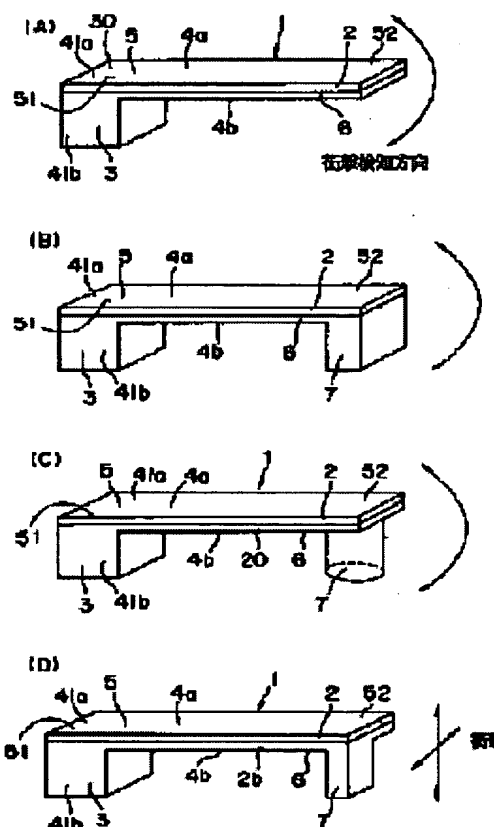
# MACHINE-ELECTRICITY CONVERSION ELEMENT AND ITS MANUFACTURE AND ACCELERATION SENSOR

**Patent number:** JP11211748  
**Publication date:** 1999-08-06  
**Inventor:** SUGIMOTO MASAHIITO; OOTSUCHI TETSUO; TOMITA YOSHIHIRO; KAWASAKI.OSAI  
**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
 - international: G01P15/09; G01H11/08; G01L1/16; H01L41/08; H01L41/22  
 - european:  
**Application number:** JP19980008763 19980120  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP11211748

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain stable vibration output without any attenuation of vibration of a machine-electricity vibrator and with a high sensitivity with less fluctuation of a resonance frequency by setting a machine-electricity conversion element as a piezoelectric vibrator where a piezoelectric body layer and a metal layer are laminated in one piece relating to a monomorph-type vibration and directly forming a metal support in one piece at one portion of a metal layer for supporting the piezoelectric vibrator.

**SOLUTION:** A support 3 that is formed in one piece while a piezoelectric body layer 2 whose outer shape is in a rectangular shape touches a metal layer 6 in terms of surface is formed at either edge part of a piezoelectric vibrator 5 and in one piece with the metal layer 6. With the support 3 as a support part, the piezoelectric vibrator 5 can be vibrated in the normal direction of the area region and is utilized as a machine-electricity conversion element 1 in a cantilever type. The support 3 may be formed at a central part in the longer direction of the vibrator 5. The conversion element where the support 3 is formed at the center of the piezoelectric vibrator 5 can gain the amount of generated electric charge as compared with a case where a resonance frequency being equal to that of the machine-electricity conversion element in an edge support structure is provided, thus obtaining a high-sensitivity machine-electricity conversion element.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-211748

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
G 0 1 P 15/09		G 0 1 P 15/09
G 0 1 H 11/08		G 0 1 H 11/08 A
G 0 1 L 1/16		G 0 1 L 1/16
H 0 1 L 41/08		H 0 1 L 41/08 Z
41/22		41/22 Z
審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 13 頁)		

(21) 出願番号 特願平10-8763

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月20日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 杉本 雅人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 大土 哲郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 富田 佳宏

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 青山 葆

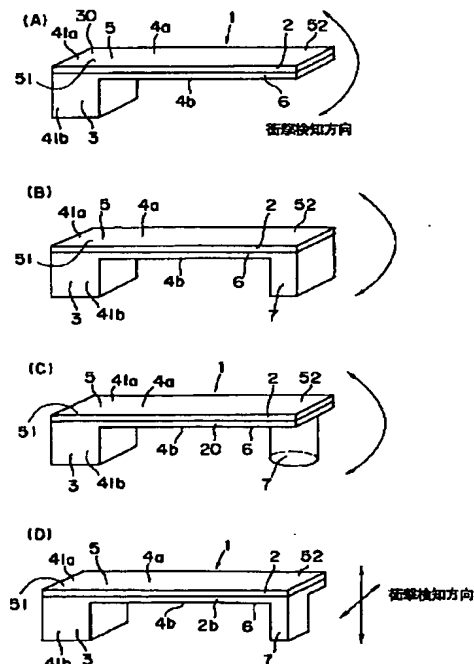
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 機械-電気変換子及びその製造方法並びに加速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 機器に加わる衝撃や加速度を検知する加速度センサにおいて、従来の素子では、薄層化の限界を迎えている。素子が厚いと、感度は低下し、低周波域の信号が取り出しにくくなる。また、接着剤などを介して素子を設置して、容器内に実装すると、支持位置、設置角度、などにばらつきを生じる。そのため、結果としてセンサの感度、共振周波数にばらつきを生じてしまう。

【解決手段】 圧電体上に、メッキにより金属層を形成し、金属層によって裏打ちされた状態で薄層化を行い、さらに、電鍍法により金属層上に、支持体形状を一体形成し、分割することによって、感度の向上、ばらつきの抑制を図った機械-電気変換子を得る。さらに、支持体の一体化された前記機械-電気変換子を容器内に納め、高感度、低ばらつきの加速度センサとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体層と金属層とを積層一体とした圧電振動子と、該圧電振動子の金属層の一部に一体に形成された金属支持体と、該圧電振動子の少なくとも振動部における圧電体側主面の全部又は一部に形成された電極と、から成る機械-電気変換子。

【請求項2】 上記の圧電振動子は、圧電体層と金属層とが接着層を介在させずに一体形成されて成る請求項1の機械-電気変換子。

【請求項3】 少なくとも2つの圧電体層が接合されて積層一体とした圧電振動子と、該圧電振動子の少なくとも一方の主面の一部に一体にして形成された金属支持体と、少なくとも振動子の両主面の全部または一部に相対して形成された一対の電極と、から成る機械-電気変換子。

【請求項4】 上記圧電振動子は、当該少なくとも2つの圧電体層が、化学的に直接接合されて形成されたものである請求項3に記載の機械-電気変換子。

【請求項5】 上記支持体は、前記振動子の長手方向の実質的に端部に形成されている請求項1ないし4の何れかに記載の機械-電気変換子。

【請求項6】 上記支持体は、前記振動子の長手方向の実質的に中央部に形成されている請求項1ないし4の何れかに記載の機械-電気変換子。

【請求項7】 上記圧電振動子は、上記電極が、上記支持体により支持される振動子の支持部に延出されて出力端子が形成されている請求項1または2に記載の機械-電気変換子。

【請求項8】 上記圧電振動子は、金属製の重りが、支持体と一定の距離をもって振動部側の主面に形成されている請求項1ないし6の何れかに記載の機械-電気変換子。

【請求項9】 上記の重りが、支持体を形成した主面の振動部側に形成されている請求項1ないし6の何れかに記載の機械-電気変換子。

【請求項10】 上記圧電振動子は、金属製の重りが、支持体と一定の距離をもって振動部側に上記金属層に一体に形成されている請求項1又は2に記載の機械-電気変換子。

【請求項11】 上記の金属製の重りは、圧電振動子の振動部の実質的に先端部に形成されていることを特徴とする請求項8ないし10の何れかに記載の機械-電気変換子。

【請求項12】 上記の金属製の重りは、圧電振動子の端部において幅方向に偏心した位置に形成され、振動部にねじり変位を生ずるように形成されている請求項8ないし11の何れかに記載の機械-電気変換子。

【請求項13】 圧電体層が、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、若しくは $\text{KNbO}_3$ の結晶、水晶、又はランガサイト系結晶から成る請求項1ないし4の何れかに記載の機

械-電気変換子。

【請求項14】 請求項1ないし13に記載の機械-電気変換子と、実装面を有する基板とを含み、前記支持体のみを実装面に固定して機械-電気変換子を基板に実装して成る加速度センサ。

【請求項15】 平板状の圧電体の一表面に設定厚みの金属層を形成する積層体とする薄膜メッキ工程と、金属層にマスキングして金属層の一部にさらに金属厚膜を形成する厚膜メッキ工程と、

積層体の圧電体を、該金属層を裏打ちにして所定厚みに薄層化する薄層化工程と、積層体を切断して、長手方向の端部若しくは中央部に金属厚膜を有する長矩形形状に形成する切断工程と、を含ん

で、長矩形形状積層体をもって金属厚膜を金属支持体とした圧電振動子となすことを特徴とする機械-電気変換子の製造方法。

【請求項16】 少なくとも2つの分極された平板状の圧電体を各分極軸が対向して接合させて積層体を形成する圧電体接合工程と、

接合体の少なくとも一方の主面を設定厚みに薄層化する第1の圧電体薄層化工程と、

該積層体の薄層化された側の主面に、設定厚みの金属層を形成する薄膜メッキ工程と、

金属層にマスキングして金属層の一部にさらに金属厚膜を形成する厚膜メッキ工程と、

該金属層を裏打ちにして、積層体の他方の主面を、先に薄層化された圧電体とはほぼ同じ厚みに薄層化する第2の圧電体薄層化工程と、

積層体を切断して、長手方向の端部若しくは中央部に金属厚膜を有する長矩形形状に形成する切断工程と、を含み、

長矩形形状積層体をもって金属厚膜を金属支持体とした圧電振動子となすことを特徴とする機械-電気変換子の製造方法。

【請求項17】 圧電体接合工程において、前記2つの圧電体同士を、化学的直接接合法により、接合させる請求項16に記載の機械-電気変換子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、加速度の測定および振動の検知などに使われる機械-電気変換子とその製造方法及び加速度センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、電子機器の小型化が進み、ノート型パソコン等の携帯用情報機器が急速に普及している。これらの電子機器は、衝撃に対する信頼性を確保・向上するために、小型で表面実装可能な高性能の加速度センサが要求されている。例えば、高密度のハードディスクへの書き込み動作中に衝撃が加わると、ヘッドの位置ず

れが生じ、その結果、データの書き込みエラーやヘッドの破損を引き起こす可能性がある。そこで、ハードディスクに加わった衝撃を電氣的に検出し、書き込み動作を停止したり、ヘッドを安全な位置に退避させる必要がある。

【0003】また、自動車においては、衝突時の衝撃から運転者らを保護するためにエアバック装置が装備されているが、この装置においても、衝撃を検出して確実に作動させるために、衝撃検知用の高精度の加速度センサが必要である。

【0004】従来、加速度センサとしては、圧電セラミック等の圧電材料を用いたものが知られており、圧電材料の機械-電気変換特性を利用して、高い検出感度を実現することができる。圧電型の加速度センサは、加速度や振動による力を受けた圧電セラミック片の歪みを圧電効果によって電圧に変換し、出力する。圧電セラミックを利用した加速度センサとしては、矩形状バイモルフ型とモノモルフ型の振動子を利用するものと、振動子の支持の方法によって、片持ち梁型と両持ち梁型の構造のものがある。

【0005】従来のバイモルフ型振動子は、図9(A)に示すようにそれぞれ電極52a、52bを外面に形成した2つの圧電セラミック層51a、51bを、エポキシ樹脂等の接着剤53で貼り合わせて、3層構造の圧電振動子に形成して機械-電気変換子50とするものであった。片持ち梁構造のバイモルフ型振動子は、図9(A)に示すように、この機械-電気変換子50の片方の先端を導電性接着剤54などで固定部材55に接着固定したものである。片持ち梁型構造のバイモルフ素子は、他方の先端側が自由端であるので、その共振周波数が低く、比較的低い周波数成分を持つ加速度を測定するのに好適に用いられる。

【0006】また、従来の両持ち梁構造の振動素子は、図9(B)に示すように機械-電気変換子50の両端を固定部材55、55に接着剤54等で固定した両持ち梁構造のバイモルフ素子が用いられる。機械-電気変換子50の両端を固定することによって、共振周波数を比較的高くすることができるので、この型の振動子は、高い周波数領域の加速度を測定する場合に好適に使用されている。

【0007】矩形状のモノモルフ型振動子は、図9(C)に示すように圧電セラミック51aと金属板61をエポキシ樹脂等の接着剤53で貼り合わせ、セラミック面に電極52aを形成して、機械-電気変換子50が構成されている。このモノモルフ型振動子は、圧電セラミック51aの一方に貼り合わせられた金属板61が、圧電セラミック51aを補強し且つ他方の電極としても作用する。モノモルフ型振動子を片持ち梁構造とするには、図9(c)に示すように機械-電気変換子50の片端を導電性接着剤54などで固定部材55に接着固定し

たもので、バイモルフ型振動子と同様に加速度や振動による力を圧電効果によって電圧に変換し、出力することができる。

【0008】このような機械-電気変換子は、図10に示すように、容器57内に設置された固定部材55に、機械-電気変換子50の端部を固定して、容器内に収容した加速度センサとして利用されている。この加速度センサは、固定部材55が機械-電気変換子50を固定して、振動子の電極は、固定部材55の配線電極を導電性接着剤54等を介して外部電極56に接続され、これらの振動子の振動により電極に生じた電荷が外部電極56へ取り出されて、電圧信号として利用される。この加速度センサは、振動子の振動容易方向、即ち、振動子の主面の法線方向(図中にy軸方向で示す)に最大感度を有する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した加速度センサの感度を安定にするためには、その共振周波数を安定にするため、振動子の固定状態を安定にする必要がある。従来の振動子は、固定部材55に対して導電性接着剤54を使用して固定していたので、実際には機械的あるいは温度変化などにより発生する応力により、固定部材に支持または固定されている振動子の支持部分にずれが生じ、これにより共振振動数が変動していた。

【0010】また、従来の振動子は、固定部材に対して接着剤を使用して固定していたので、多数の振動子を接着する際、接着剤の塗布範囲の変動など作業要素の変動により、振動子の固定の位置及び範囲が微妙に変わってしまい、圧電振動子ごとに共振周波数がばらついてしまう。

【0011】上述した従来のバイモルフ型圧電振動子が、複数の圧電セラミック片をエポキシ樹脂などの接着剤で貼合わせたことは、圧電セラミックのヤング率 $200 \times 10^{-12} \text{ m}^2 / \text{N}$ に比べて、エポキシ樹脂のヤング率が $15 \times 10^{-12} \text{ m}^2 / \text{N}$ と小さいため、加速度が加わったときの機械-電気変換子の振動エネルギーを接着剤が吸収し、機械-電気変換子自身の感度を低減させてしまうという問題があった。特に、接着層を均一にして接着することは困難であるため、上記振動の吸収の度合いがばらつくことによって、圧電振動子の特性のばらつきを生むという問題もあった。

【0012】さらに機械-電気変換子は薄いほど、同じ加速度に対してのたわみ量が大きくなり、感度が向上し、しかもより薄層化すれば、素子の電極間の静電容量を増加させることができ、カットオフ周波数を低下させ、感度上昇が期待できるので、感度の広帯域化には有利であるが、セラミック片の機械強度の限界から、個々の部材に対する薄層化にも限度があり、さらに、過度な衝撃に対する振動子自体の破壊を防がなくてはならない

という問題があった。

【0013】これらの問題は、モノモルフ型圧電振動子においても同様であって、モノモルフ型振動子では、金属板が補強板の役割を果たすことから強度の問題に対しては有利であるが、薄い金属板に薄い圧電セラミックを接着剤を介して貼ることは困難で、たとえ接着できたとしても接着層が厚くなることが多く、薄い素子では、より接着層の影響が大きくなるという課題を有していた。

【0014】本発明は、従来の機械-電気変換子および加速度センサのこのような問題に鑑み、圧電体振動子の支持が安定して、共振振動数の変動の少ない機械-電気変換子とこれを利用した加速度センサを提供することを目的とする。本発明は、また、従来より圧電体振動子を強度的に補強して薄層化した高感度の機械-電気変換子を提供することを目的とする。

【0015】本発明は、圧電体振動子を薄層化するための方法と、圧電体振動子を支持する方法とを具備した機械-電気変換子の製造方法を提供しようとするものである。本発明は、さらに、接着層による振動の吸収を抑制し、薄層化による、広い周波数領域にわたって高感度を有し、感度等の特性のばらつきのきわめて小さい、機械-電気変換子とこれを利用した加速度センサを提供することを目的とするものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の機械-電気変換子は、モノモルフ型振動子に関して、圧電体層と金属層とを積層一体とした圧電振動子とし、圧電振動子を支持するためにこの金属層の一部に金属支持体を直接に一体に形成してなるものである。

【0017】本発明の機械-電気変換子は、バイモルフ型の振動子に関して、少なくとも2つの圧電体層を接合して積層一体とした圧電振動子が含まれ、該圧電振動子の少なくとも一方の主面の一部に金属支持体を一体に形成し、少なくとも振動子の両主面の全部または一部に一对の電極が相対向して形成されたものである。

【0018】本発明の機械-電気変換子は、モノモルフ型もバイモルフ型振動子も共通して、圧電振動子の積層体の表面の一部に金属支持体を一体に形成したので、金属支持体の位置を支持部として、圧電振動子を固定し、圧電体振動子の支点が安定化して、機械的あるいは温度変化などに対して振動子の支持部にずれが生ぜず、振動子の共振振動数を安定化でき、従って、機械-電気変換子の感度の安定化が図れる。

【0019】圧電振動子は、接着剤層などの軟質材料を介在させないで、モノモルフ型について圧電体層と金属層との薄い一体形成体とし、又はバイモルフ型の複数の圧電体層同士の直接接合体との一体形成体とするので、圧電振動子の剛性を高めて、振動エネルギーの吸収を防止して、機械-電気変換子の感度を大きくできる。

【0020】さらに、上記モノモルフ型は、接合された

金属層が圧電体層を補強するので圧電体厚みを低減でき、圧電振動子の全厚みも相対的に低減し、衝撃に対して敏感に感応する振動子が得られる。このようにして圧電体振動子をさらに薄層化して、且つ強度的に安定した高感度の機械-電気変換子を構成する。

【0021】上記バイモルフ型の圧電振動子は、当該少なくとも2つの圧電体が、化学的に直接接合されて形成したものが好ましい。直接接合は、圧電振動子の剛性を高めて、機械-電気変換子の感度を上げることができる。2層の圧電体層の接合には、2つの平板状の圧電体を分極処理し、各分極軸が対向するように接合積層して接合体を形成する。これにより、積層体に発生する電圧は、同じ厚みの単一の圧電体層に発生する電圧よりも大きい出力を得ることができる。

【0022】本発明の機械-電気変換子は、上記の支持体が、圧電振動子の長手方向の実質的に端部又は中央部に形成されて、圧電振動子は、支持体を形成した部位を支持部として、振動する。機械-電気変換子を、実装基板上に固定するには、支持体のみを実装面に固定して振動検出センサ、ないし加速度センサとして利用される。

【0023】本発明の機械-電気変換子は、機械的な振動を電気信号に変換する素子として広く利用可能である。ここに、機械-電気変換子の用語は、電気信号を機械的な振動に変換するための素子、即ち、電気-機械変換子も含むものであり、このような電気-機械変換子は、電気信号による圧電体振動子の変位を利用した微小変位素子として利用可能である。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施形態は、モノモルフ型振動子による機械-電気変換子に関するもので、薄板状の圧電体と金属層とを積層一体とした圧電振動子とし、圧電振動子を支持するためにこの金属層の一部に金属支持体を直接に一体に形成して成るものである。

【0025】図1(A)には、モノモルフ型圧電振動子の機械-電気変換子1を例示するが、外形長矩形状の圧電体層2と金属層6が面接されて一体形成され、支持体3が、圧電振動子5の何れかの端部であって、且つ金属層6に一体に形成されて形成される。この支持体3を支持部として、圧電振動子5がその面域の法線方向に振動することができ、片持ち梁型の機械-電気変換子1として利用される。

【0026】支持体3は、振動子5の長手方向の中央部に形成されてもよく、図2(A)には、圧電振動子の中央部に形成した支持体3を有する機械-電気変換子を示している。中央支持構造の変換子について、図2(A)において、支持体3が圧電振動子5の中央に形成された変換子は、端部支持構造の機械-電気変換子と同じ共振周波数を持たせた場合に比し、電荷の発生量を稼げるため、より高感度の機械-電気変換子が得られる。さら

に、本実施の形態における機械-電気変換子1を実装面に装着した場合、従来例のように接着剤で支持する場合とは異なり、支持点が中央により正確に形することができるため、支持点のばらつきが小さく、支持・固定状態による感度のばらつきを抑制することができる。

【0027】圧電振動子には、金属層6とは反対側の圧電体層表面には薄膜状の電極4aが形成されている。この電極4aは、該圧電振動子の少なくとも振動部52における圧電体2側の主面の全部又は一部に形成されており、上記金属層6を他方の電極4bとして、2つの電極4a、4b間で信号を出力する。さらに、圧電振動子は、上記電極4aは前記支持体3が形成されている該振動子の支持部30に延出されて出力端子面41aを形成したものがよい。他方の電極4bは、支持体3を出力端子面41bとして利用することができる。

【0028】本発明の第2の実施形態は、バイモルフ型圧電振動子による機械-電気変換子に関するもので、上述の如く、2つ以上の薄板状の圧電体層2a、2b同士を直接接合して積層一体とした圧電振動子である。バイモルフ型の機械-電気変換子は、図3(A)に示すように、圧電振動子5を支持するためにこの積層圧電体の表面に一体に支持体3が形成され、支持体3を以て支持された圧電振動子5はその面域に法線方向に振動して、検知することができる。この積層体の両面には、相対向してそれぞれ金属薄膜の電極4a、4bが形成されて、一対の電極4a、4bから振動子の振動に伴う電気信号を導出することができる。圧電振動子は、上記電極4a、4bが支持体3とこの支持体の反対側の支持部とに延出されて出力端子面41a、41bとしたものがよい。

【0029】バイモルフ型圧電振動子の積層体は、分極された各圧電体層2a、2bを各分極軸が相対向して直接接合されて積層体とされる。2つの構成では圧電振動子の振動変形に伴う電気信号は、各圧電体がそれぞれ発生させた電位の加算値として出力されるので一枚の板を用いた場合に比べて高感度化できる。このようなバイモルフ型の圧電振動子は、接着剤その他の接着媒体を利用することなく、後述の如く、圧電体同士を化学的に直接結合させる方法により実現できる。なお本発明においては、この接合を直接接合とよび、めっきによる金属層と圧電体との積層とは区別している。

【0030】バイモルフ型圧電振動子の支持体3は、圧電振動子5の何れかの端部又は中央部に形成される、片持ち梁型の機械-電気変換子として利用される。図3(A)、(B)は、バイモルフ型振動子5の一端側に支持体3を配置した例を示しており、図4(A)、(B)は、バイモルフ型振動子の中央部に支持体3を配置した例を示している。上記支持体3は、上記一方の電極膜4bと接続されていてもよく、この場合、支持体3は、当該電極4bの取出し端子41bとして兼用される。

【0031】上記の第1及び第2の実施形態に共通し

て、圧電振動子は、圧電体には、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、若しくは $\text{KNbO}_3$ 結晶、水晶、又はランガサイト系結晶が利用される。振動子を構成する圧電体層の厚みは、 $5 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲が好ましい。

【0032】モノモルフ型の圧電振動子では、金属層6が圧電体層2の片面に形成されるが、金属層6は、金属メッキ層が採用でき、好ましくは、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Fe}$ などの金属が、弾性率が大きく且つ靱性が高いので良好である。また、金属層6には、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Au}$ 等も利用可能である。

【0033】振動子を構成する圧電体の厚みは、上記の如く $5 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲に採用されるが、モノモルフ型は圧電体に形成される金属層の厚みは $1 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲が採用され、全厚が $6 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度の薄い振動部を形成して高感度の圧電振動子を構成でき、しかもモノモルフ型は、強度の大きい金属層により、補強されているので、上記圧電体層2の厚みにおいても、十分に耐久性が確保できる。ただし、仕様に応じて、これより厚くすることも、薄くすることも可能である。バイモルフ型は、上記厚み範囲の圧電体を2層に積層形成され、上記全厚の範囲に調整して高感度の圧電振動子5を構成でき、同様に強度面で耐久性が補償できる。

【0034】本発明の第3の実施形態は、圧電振動子5の振動部に金属製の重り7を形成して、振動挙動を調整するものである。重りは、モノモルフ型とバイモルフ型の何れにも適用可能である。片持ち梁型の機械-電気変換子においては、図1(B)から同(D)に示すように、重り7は、振動部52の先端側に形成され、振動部52の慣性が大きくなるので、撓み量が増加して、従って圧電体の歪み量が大きくなるので感度が上昇する。さらに、振動部52に重り7が形成されると、振動子の共振周波数を低い方に移行させることができる。同じ共振周波数を得るのに、重りを付加して振動部の長さを短縮することも可能である。ただし、感度も減少するので最適な長さが存在する。

【0035】モノモルフ型振動子について、図1(B)に図示の圧電振動子5は、圧電体層2と、金属層6の積層体と、一端に支持部3と支持部3の反対側に負荷された金属製重り7と、からなっている。

【0036】重り7の形態は、角柱状、例えば、三角柱や、多角柱であっても良く、図1(B)に示す断面矩形状のものや、図1(C)のような円筒形も可能である。重り7は、後述のメッキ法により正確に形成することができ、重りの質量は、容易に決められる。よって、最適な位置、重さを設計し、機械-電気変換子としての特性を向上させ、ばらつきも小さくできる。

【0037】重り7は、長矩形状の振動子の長手方向の中心より幅方向に偏心させて取着することもできる。この例として、図1(D)は、重り7が圧電振動子5の先端の偏心位置に形成されており、このため、衝撃検知方

向(図中に矢印で示す)に衝撃が加わったときに、圧電振動子5には、撓み変位の他に、偏心した重りによりねじれ変位が発生する。そのため、撓み変位とねじれ変位による電荷の発生が重畳され、感度を向上することができる。さらに、図1(D)の偏心重り7は、平面の法線方向の衝撃検知方向と、平面に平行な加速度が加わったときにも、同様にねじれの変位を発生しやすくするため、加速度の検知方向が2軸化され、2軸方向の加速度検知の目的において、機械-電気変換子の設置数を減らすことができる。

【0038】他方、バイモルフ型の圧電振動子も、全く同様に、圧電振動子5の振動部52に形成することができ、重り7の作用は、モノモルフ型の場合と差異はない。図3(B)には、一端側の支持体3に対して、圧電振動子長手方向の反対側に重り7を形成した例を、図4(B)は、中央部の支持体3に対して、圧電振動子の両端側に一対の重り7、7を形成した例を示している。

【0039】第4の実施形態は、上記の第1の実施形態で示したモノモルフ型の機械-電気変換素子の製造法に関するものであるが、ここに示す製造方法は、大きい広幅の圧電体を原板として、これから、多数の振動素子を形成することを前提とした量産方法である。この製造方法は、まず、圧電体層と金属層との積層一体化を、圧電体原板の表面に所定の厚みの金属層をメッキ法により金属メッキ層として形成して行う薄膜メッキ工程がある。この工程は、金属層6を、圧電体層を形成するための圧電体原板に(中間の接着層などの担持体を介在させずに)一体化形成するものである。

【0040】次いで、この製造方法には、このように形成した金属層上にさらにメッキ法により局部的に金属厚膜を形成して金属支持体とする厚膜メッキ工程がある。金属厚膜のメッキ形成は、金属層上の金属支持体を形成しない部位、即ち、振動部には、マス킹を施して金属メッキをすれば、支持部のみ所望厚みで所望の外形の金属厚膜が形成でき支持体が得られる。

【0041】本発明の製造方法は、さらに、圧電体の他の表面を金属層を裏打ちにして設定厚みに薄層化する薄層化工程を含めることができ、これにより、圧電体原板に厚肉のものが使用可能となり、後に所定の圧電層厚みに調整できる利点がある。

【0042】さらに、圧電体及び金属薄膜の積層体を切断して所望の長矩形状の外形を調製する切断工程を設ける。切断工程においては、端部若しくは中央部に金属厚膜を有する細幅に、長矩形状に形成し、所望の幅と長さとして厚みを有する圧電振動子を備えた機械-電気変換子が形成できる。

【0043】第5の実施形態は、上記の第2の実施形態で示したバイモルフ型の機械電気変換素子の製造法に関して、2つ以上の薄板状の圧電体を直接接合して積層一体とした圧電振動子を形成する方法である。まず、少な

くとも2つの平板状の圧電体原板を予め分極処理し、各分極軸が対向するように接合積層して接合体を形成する圧電体接合工程がある。接合には、化学的 direct 接合法が利用されて、原子レベルでの強固な結合が得られる。

【0044】この製造方法は、圧電振動子側の面に、設定厚みの電極を兼ねる薄い金属層を形成する薄膜メッキ工程と、金属層にマス킹して金属層の一部にさらに金属厚膜を形成する金属支持体を形成する厚膜メッキ工程により、金属支持体用の金属厚膜を備えた積層体を形成する。この製造方法は、さらに、上記の積層体を、所望の圧電振動子外形に、切断して、端部若しくは中央部に金属厚膜を有し、所望の幅と外形を有する長矩形状にする切断工程を含む。

【0045】この製造方法において、2つの薄板状の圧電体原板を接合して積層体の圧電体原板を薄層化する工程を設け、薄層化した圧電体側に金属層を形成したあと、金属層を裏打ちにして、前記接合体の他方の主面を先に薄層化する前記の工程を設けることにより、両圧電体原板とも厚肉のものが使用でき、しかも後に所定の圧電層厚みに調製できる利点がある。

【0046】

【実施例】(実施例1) 圧電体として140° Yカットのニオブ酸リチウム( $\text{LiNbO}_3$ )結晶板(以下、単に、LN板と称する)を使用して、モノモルフ型の圧電振動子5を利用した機械-電気変換子を製造する具体的方法を述べる。

【0047】この実施例は、機械-電気変換子が、支持体3を含めた機械-電気変換子の端部の厚みがほぼ160 $\mu\text{m}$ 、圧電振動子5の厚みがほぼ60 $\mu\text{m}$ となる。振動子5の長さが1000 $\mu\text{m}$ で、振動子の幅が300 $\mu\text{m}$ の例である。圧電体としてLN板を使用しており、機械強度を金属によって向上させられているので、圧電振動子5の厚みが、60 $\mu\text{m}$ 程度であっても、一般的な機械-電気変換子の機械強度に関する仕様を満足する。

【0048】まず、図5(a)に示すように、機械-電気変換子の母材となる圧電体原板11として約100 $\mu\text{m}$ の厚さの140° YカットのLN基板に表面にメッキ層形成のための表面処理を行う。表面処理は、電気メッキを行うための導電層を形成するためであるが、これには、表面活性化後の無電解メッキ膜形成や下地金属層の蒸着、スパッタリングなどがある。

【0049】次に、薄膜メッキ工程は、図5(b)に示すように、LN原板11の一方の面上に、金属層6として、30 $\mu\text{m}$ 厚のNiメッキ層12aを形成した。このときのメッキ浴の条件は、メッキ金属層12a内に応力が極力残らないように定めるのが望ましい。

【0050】その後、薄層化工程は、図5(c)に示すように、LN基板側の面を30 $\mu\text{m}$ の厚みになるまで薄層化する。薄層化の方法には、機械的な研磨法を採用した。メッキ層の膜厚が30 $\mu\text{m}$ となるように調製されて



いるので、接合した板全体の厚みは $60\mu\text{m}$ とした。 $\text{Ni}$ メッキ層 $12\text{a}$ は、 $\text{LN}$ 基板 $11$ 上に直接に形成したので、接着層がなく、接着剤貼りむらによる厚みばらつきがなく、均一に薄層化ができた。

【0051】また、金属層は、引っ張り強度が $\text{LN}$ 圧電体と比較して強いので、 $\text{LN}$ を $30\mu\text{m}$ まで薄層化しても、 $\text{LN}$ が劈開してしまうようなことがない。例えば、典型的な単結晶圧電体の引っ張り強さは、 $1\times 10^8\text{Pa}$ 以下であるのに対して、金属、例えば $\text{Ni}$ の引っ張り強さは、 $5.0\sim 9.0\times 10^8\text{Pa}$ であり、ほぼ $5\sim 10$ 倍である。従って、金属層の裏打ちによる薄層化は圧電体単体の薄層化に比べて薄層化が容易で、さらに、全体の厚さが $60\mu\text{m}$ と薄いにも拘わらず、圧電体単体で取り扱う場合に比べて、取り扱いが容易である。

【0052】次の厚膜メッキ工程において、まず、金属メッキ層 $12\text{a}$ を形成した後、図5(d)に示すように、金属層 $12\text{a}$ 側に絶縁性のレジストパターン $13$ を形成するが、このパターンは、金属メッキ層 $11\text{a}$ の表面は、支持体を形成するための対応支持部にはレジストを除去し、対応振動部には、レジストをマスクとして残す。

【0053】ここに、フォトリソは、ネガ型のフィルムレジストを用い、レジストの厚みが $100\mu\text{m}$ のものを用いた。この上に所望のパターンをもったガラスマスクを密着させ、露光、現像することにより、レジストパターン $13$ を形成し、レジストパターンは、振動部を覆うような形状、方向に形成された。

【0054】次に、電解メッキを行い、図5(e)に示すように、レジストパターン $13$ の形成されていない部分に、ニッケルメッキ層 $12\text{b}$ を所望の厚さになるまで、析出させた。このときのメッキ浴の条件も上述のモノモルフ基板形成工程同様、膜内の残留応力を極小化するように定められる。

【0055】この厚膜メッキ工程で、レジストパターン $13$ の形成されていない部分には、レジストの厚みとはほぼ同じ厚みの厚膜メッキ層 $12\text{b}$ が、この実施例では約 $100\mu\text{m}$ の厚みの金属厚膜が、形成され、モノモルフ基板上に上積みされる。この厚膜メッキ層 $12\text{b}$ が後に支持体 $3$ に利用される。

【0056】この厚膜メッキ工程の後に、厚膜のメッキ層の表面を平坦化して、厚み寸法を調整するために研磨工程を入れてもよい。メッキ条件を管理してメッキ層の厚みを決定することもできるため、必要な層厚寸法精度に応じて、研磨工程は省略してもよい。

【0057】この後、図5(f)に示すようにレジストを除去するとレジストパターンが転写された金属層と圧電体の積層体が形成される。その後に製造方法の図5には示していないが、 $\text{LN}$ 基板側の全面には、クロムを下地に蒸着し、その上に金電極 $4\text{a}$ を形成した。

【0058】最後に、図5(g)に示すように、パター

ニングされたメッキ金属層 $12\text{a}$ 、 $12\text{b}$ と $\text{LN}$ 基板 $11$ の積層体を、設計通りの大きさになるように、ダイシングソーなどを用いて切断した。この例では、端部に層厚メッキ層が付着するように積層体を長矩形片に切開し、各長矩形片を機械-電気変換子とする。こうして金属メッキ層 $12\text{a}$ 、 $12\text{b}$ と $\text{LN}$ 基板が積層されて圧電振動子 $5$ とし、端部の厚膜メッキ層を支持体 $3$ とした圧電振動子 $5$ が一体となったモノモルフ型機械-電気変換子が得られた。

【0059】上記の製造方法において、薄層化工程(図5(c))以後の何れかの工程の間で、圧電体層の表面に電極 $4\text{a}$ を形成する工程が設けられる。電極 $4\text{a}$ は、圧電体層 $2\text{a}$ 側全面に、クロム蒸着膜を下地にして、金電極であり、電極 $4\text{a}$ は、切断後は、圧電振動子の圧電体層側前面に形成され、支持部位置での電極 $4\text{a}$ が取出し端面とされる。他方の電極 $4\text{b}$ は金属層 $6$ が兼用し、切断後の支持体 $3$ が電極 $4\text{b}$ 用の取出し端面とされる。

【0060】(実施例2)上記の実施例1において、上記切断工程で、長矩形片に切開するに際して、支持体部の $160\mu\text{m}$ 厚の層厚金属層をダイシングすることは、ダイシング用のブレードへのダメージが大きく、ブレードの寿命を短くする原因である。この問題は、厚膜メッキ工程において、厚膜金属層に切り溝を形成することによりたやすく解決した。

【0061】厚膜金属層に切り溝を形成する方法を以下に述べる。前述の薄膜メッキ工程の後に、図6(a)～(d)に示すように、厚膜メッキ工程に際して、金属層 $12\text{a}$ 側に絶縁性のレジストパターン $13$ を形成するが、第2の実施の形態とは異なり、レジストパターンには、振動部の他に、支持部の形成用の厚膜メッキ層 $12\text{a}$ には、ダイシングラインに沿って、ダイシング溝 $14$ を形成するために、メッキ層が成長しないように狭幅の線条マスクが形成される。レジストの厚みが $100\mu\text{m}$ に設定されると、ダイシング溝 $14$ は、ダイシングラインのマスク幅を $100\mu\text{m}$ とし、レジストの幅と高さが $1:1$ となるように設定する。

【0062】次に、図6(b)に示すように、厚膜メッキ工程では、レジストパターン $13$ の形成されていない部分に、メッキ層 $12\text{b}$ を成長させると、ダイシングライン上にはメッキ層が成長せずに厚膜金属層にダイシング溝 $14$ が形成され、個々の支持体が分離された状態で金属層 $12\text{b}$ が形成される。図6(c)において、レジストを除去し、図6(d)に示すように、切断工程では、あらかじめ形成されたダイシング溝 $14$ で個々の素子を容易に切断分離することができ、実施例1で示したのと同様な機械-電気変換子が得られる。この切断工程では、支持体部の $130\mu\text{m}$ 厚の金属層を直接ダイシングすることがなくなるので、ダイシング用のブレードへの損傷が小さくなり、ブレードの寿命を長くできる。

【0063】図7は、本発明の機械-電気変換子を用いた加速度センサを容器に実装し、加速度センサとした場合の斜視図である。図に示すように、本発明の機械-電気変換子を用いると、容器10の実装基板上に、支持体3を直接固定し、機械-電気変換子を固定して、容器内に納めた状態で使用される加速度センサとなる。この加速度センサは、容器の基板に直接固定することによって、固定部材を必要としないので、容器内に固定部材を持たずに、容器を小型化できる。

【0064】図7の機械-電気変換子1は、圧電振動素子の平面の法線方向（図上にyで示す）に最大感度を有する。加速度センサの例は、圧電振動素子の平面が、容器基板に対して垂直であるので、容器基板に平行な方向で且つ平面の法線方向の振動に対して検出することができる。図上のx軸方向および振動子の平面とは平行な方向（図中のz軸方向）へは感度を持たない。本発明の加速度センサは、また、支持体3から先の圧電振動子5の振動部52の長さが、支持体3の形成により正確に規定できるため、共振周波数のばらつきが抑えられる。さらに、支持体をNiメッキ層で形成したので、磁性を利用して、基板に磁石を用いた支持体を固定する実装が可能になり、量産が容易になる。圧電振動子5の振動により電極4aと金属体6上に生じた電荷は、導電性接着剤8a、8bを介して、外部電極9a、9bへ取り出されている。

【0065】本発明の機械-電気変換子を用いると、モノモルフ用の金属板と支持体が振動子上に直接形成されるため、接着層の影響がなく、感度が向上する。さらに、金属層の裏打ちによる薄層化により、同じ加速度に対しての振動子のたわみ量が増加して、センサの振動感度が向上する。

【0066】また、支持体部が上記厚膜メッキ法を用いて、フォトリソレーションの精度で形成され、位置精度が向上するため、共振周波数、感度などのばらつきを小さくできる。また、機械-電気変換子が振動子と支持体からなり、形状が明確に変わるため、支持部の視認性が向上し、支持体部分のみを固定することが容易になり、外部電極との接続を支持体とそれに相対する面で行うことで、圧電振動子の振動特性を阻害することなく、接続が行えるという利点がある。また、複雑な形状を、機械-電気変換子上に作製可能なため、以下の形状の作製が可能になり、新たな効果が得られる。

【0067】（実施例3）圧電振動子の振動部側の端部に重りを形成した圧電振動子の製造方法について、上記の厚膜メッキ工程において、支持体のための厚膜金属層と、重りのための厚膜金属層とは、同時に形成した。端部に重りを形成する場合、レジストパターンには、支持体のための厚膜金属層と共に、重りのための厚膜金属のパターンを金属層上に形成し、この際、パターンを重りの形状と位置について定め、次いで、厚膜メッキ層を形

成し、次いで、切開することにより、支持体と重りとが、振動子上の金属層上に一体に形成された機械-電気変換子を形成する。パターンの形状と厚みを調整することにより、図1(B)～(D)に示すような重り形状が容易に形成できる。

【0068】中央支持構造の変換子では、電極4aが圧電体基板2a側の全面に形成されていても、支持体を中心に対称に形成されていてもよく、上述した中心支持構造の機械-電気変換子としての効果が得られる。このとき、電極4a、4b（金属体6が兼ねる）と外部電極との接続を、支持体3とそれに相対する部位を介して行くと、圧電振動子5の振動特性を阻害することなく、接続が行える。

【0069】さらに、中央支持構造の圧電振動子の両端部に重り7を形成した機械-電気変換子も同様にして、支持体のための厚膜金属層と重りのための厚膜金属層とをメッキにより同時に形成し、次いで切開することによりすることができる。支持体及び両重りの配置と形状は、レジストパターンによって精密に形成することができる。

【0070】中央部支持の機械-電気変換子は、先端質量付加構造の機械-電気変換子と同じ共振周波数を持たせた場合、端部支持構造の機械-電気変換子に比し、電荷の発生量および撓み量を稼げるため、より高感度の機械-電気変換子が得られる。さらに、中央部支持の機械-電気変換子を実装面に装着した場合、従来例のように接着剤で支持する場合とは異なり、支持点がパターンを利用したメッキ法により中央に正確に形成されるため、支持点のばらつきが小さく、支持・固定状態による感度のばらつきを抑制することができるという点は、上述の支持体一体型の機械-電気変換子と同じである。

【0071】（実施例5）図12において、バイモルフ型機械-電気変換子を製造する方法を以下に示すが、バイモルフ振動素子を形成するため、圧電体層同士の接合には、化学的直接接合法を使用するが、この方法は、まず、圧電体であるニオブ酸リチウム基板の両面を鏡面研磨し、洗浄した後、アンモニア：過酸化水素：水の混合液（アンモニア水：過酸化水素水：水＝1：1：6（容量比））に浸し、表面親水化処理を施す。

【0072】表面親水化処理により親水化された表面は-OH基で終端され、水素結合などの引力で引き合う。この現象を利用して2枚の親水化したニオブ酸リチウムの板を、図8(a)に示したように分極方向が反対になるように面接して接合一体化する。

【0073】接合一体化した積層板は、さらに加熱することにより2枚のニオブ酸リチウム間が原子レベルで強固に接合される。ニオブ酸リチウムの場合、キュリー点が1220℃であり、これに近い温度履歴により特性が劣化するためキュリー点以下の熱処理が好ましい。

【0074】このように接合した積層板は、鏡面研磨さ

れた面同士を表面処理し、接触させ、加熱することで、接着剤などの接着層を介さずに直接界面間に生ずる接合を、直接接合と呼ぶ。直接接合された材料は、その接合界面に共有結合やイオン結合などを含む原子レベルの強力な結合をもつ。本法により接合された基板は、後述するような後加工に十分耐える強度をもち、形状も自由に形成できる。

【0075】次に、本発明の機械-電気変換子の製造方法について、まず、図8(a)に示すように、接合工程は、機械-電気変換子の母材となるニオブ酸リチウム基板として約500 $\mu$ mの厚さに両面が鏡面研磨されたニオブ酸リチウム基板（以下LN基板）11a、11bを用意し、2枚のLN基板をそれらの結晶のZ軸（分極軸：図中に矢印で示す）が反転するようにして直接接合して、上記の方法により、接合体20を形成する。本工程により、分極軸が反転されて接合された基板は従来のバイモルフ型機械-電気変換子と同様に、撓みにより表面に電荷を発生する基板とすることができる。

【0076】次に、圧電体薄層工程は、加速度センサ母材用LN基板の接合体20の一方の面を研削あるいは研磨により50 $\mu$ mの厚みになるまで薄層化する。この際、直接接合された基板には接着層がないため、貼りむらによる厚みばらつきが小さく、均一に薄層化が可能である。その後、薄層化したLN基板11b表面側にメッキ層形成のための表面処理を行う。メッキ層と圧電基板との密着性を増すために、メッキ層形成面は鏡面までに仕上げられていなくともよい。

【0077】次に、薄膜メッキ工程においては、まず、図8(b)に示すように、LN基板11b側に絶縁性のレジストパターン13を形成する。絶縁性感光樹脂の素材としては、例えば、フィルムレジストが用いられる。フィルムレジストは、液体のレジストに比べて厚みが厚いレジスト層を容易に形成できる。この上に所望のパターンをもったガラスマスクを密着させ、露光、現像することで、厚み約150 $\mu$ mのレジストパターン13を得る。本レジストパターンは、完成後の振動部を覆うような形状、方向に形成される。

【0078】次に、図8(c)に示すように、レジストパターン13の形成されていない部分に、メッキ処理によりNiメッキ層12bを成長させる。この工程で、レジストパターン13の形成されていない部分には、レジストの厚みと同じ厚みのメッキ層12bがバイモルフ基板上に上積みされることになる。

【0079】この後、図8(d)に示すように、第2の圧電薄層化工程は、11a面側を研削あるいは研削により50 $\mu$ m程度に薄層化する。このときも、それぞれの層の間には接着層がないため、高精度な薄層化が行える。この後、図8(e)に示すようにレジストを除去するとレジストパターンが転写された厚膜の金属層が形成された圧電体の積層体ができる。

【0080】最後に、切断工程では、図8(f)に示すように、厚膜金属層12bとLN基板接合体20の積層体を、設計通りの大きさになるように、ダイシングソーなどを用いて切断する。これにより、図3(A)に示すような、金属層12bを支持体3とした圧電振動子5が一体となったバイモルフ型機械-電気変換子が完成する。製造方法の図には示していないが、LN基板の両面の全面には、クロムを下地にした金電極4a、4bを形成している。

【0081】バイモルフ型の機械-電気変換子は、支持体3を含めた機械-電気変換子の端部の厚みがほぼ250 $\mu$ m、圧電振動子5の厚みがほぼ100 $\mu$ mとなる。圧電体としてLN基板を使用しており、機械強度が金属より劣るため、圧電振動子5の厚みが、100 $\mu$ m程度が、一般的な機械-電気変換子の機械強度に関する仕様を満足するための厚みである。この場合、支持体部の250 $\mu$ m厚の金属体をダイシングすることは、ダイシング用のブレードへのダメージが大きく、ブレードの寿命を短くするが、この問題の対策は、モノモルフ型機械-電気変換子の製造方法で述べたのと同様に、ダイシングライン上の厚膜金属層にダイシング溝を形成して、溝に沿って切断する方法が有効である。

【0082】なお、本発明の上記実施例において、圧電体基板の圧電体薄層化工程では、その加工方法に、研削、研削のような機械的加工に限るものではなく、ドライエッチング、ウェットエッチング、などの化学的加工などを用いてもよい。

【0083】切断についても、ダイシングに限るものではなく、レーザ加工、ワイヤーソー、ウォータージェット加工、放電加工などを用いてもよい。

【0084】電極4a、4bの形成方法は、真空蒸着、スパッタ、CVD法などの気相製膜法や印刷、メッキを用いてもよい。電極としては、クロム-金に限るものではなく、Ti、Ni、Al、銀やその他の合金材料でもよい。その電極の形成時期も素子の形成前後に限るものではなく、あらかじめ圧電体基板上に形成しておいてもよい。上記の厚膜メッキ法は、圧電セラミックにも適用可能であるため、これを電極形成に用いることも可能である。

【0085】上記実施例では、圧電体のカット面は140°Y-カットとして説明したが、これに限るものではなく、主面に加えた電界により、長さ方向に伸びを生ずるようなカットであり、圧電振動子が撓み、あるいは捩じれにより電荷を生ずるようなカットであればよい。

【0086】さらに、本発明の振動子は、2つの圧電体が直接接合されて形成されたものであるのが好ましいが、例えば、接着剤を用いた接合であっても、接着層による振動の吸収を抑制することによって、感度特性のばらつきを抑制するという効果は得られないとしても、本発明の支持体による機械-電気変換子の支持固定状態を

安定させることで、感度のばらつきを小さくするという効果は得られる。また、重りを付加することにより感度を向上させるという効果についても同様である。

【0087】また、接合される圧電体の数も2枚に限るものではなく、検出の対象となる振動数に適合した振動特性を持つように接合されておりさえすれば、3枚以上であってもよい。

【0088】また、以上の実施例は、支持体が、振動子の主面の片側に1個のみが形成されているものを示したが、これに限るものではなく、2個以上及び／または両主面に形成されるのも可能で、この場合においても検出の対象となる振動数に適合した振動特性を持つように形成されておりさえすればよい。両面に支持体を形成する場合には、もう一方の面への上記メッキ法による支持体の形成工程が加えられることになる。

【0089】

【発明の効果】本発明の機械-電気変換子は、モノモルフ型又はバイモルフ型の圧電振動子が支持体に対して接着剤などの接着層を用いず一体化されて固定されて、機械-電気変換子として利用するので、機械-電気振動子の振動の減衰がなく、共振振動数も変動が少なく、素子間のばらつきが少なく、高感度で、安定して振動出力が得られる。

【0090】圧電体層と金属層の間、複数の圧電体層間の接合に接着剤を使用しない時は、接着剤による貼りむらがないため、正確な薄層化が可能で、感度向上が可能であるとともに、容量が増加し、低周波域での感度が向上する。

【0091】また、本発明の機械-電気変換子は、厚膜メッキ法の採用により、振動子上の支持体位置が正確に決定され、しかも振動子と一体形成される。そのため、形成が容易な上、形状と支持位置のばらつきが小さい。さらに支持部材が接着剤を用いず一体化した構造のため支持状態のばらつきが少ない。また、支持体の位置が正確に決定され、それを基準として正確な切断が可能のため、片持ち梁の長さにはばらつきがなく、共振周波数などの特性ばらつきを極めて小さく抑えられる。さらに、本発明の圧電振動子は、切断位置を選択するだけで、支持部と強固に一体化され、中心支持の片持ち梁を構成することが容易である。この構成では、上に述べた効果の

他、共振周波数を一定にしたまま、感度を2倍に増加させることができる。

【0092】さらに、先端におもり金属を形成することが可能になるため、たわみ量が増加し、感度の向上が可能である。また、おもりの位置を最適化して、感度の検知方向を2軸化できる。また、以上に述べたような本発明の加速度センサの製造方法によれば、上記の素子を一括して作製することが容易で、量産性にすぐれた製造方法を提供することができる。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るモノモルフ型圧電振動子を用いた機械-電気変換子を示す外観図。

【図2】本発明の実施形態に係るモノモルフ型の機械-電気変換子を示す図1同様図。

【図3】本発明の実施形態に係るバイモルフ型圧電振動子を用いた機械-電気変換子を示す外観図。

【図4】本発明の実施形態に係るバイモルフ型圧電振動子を用いた図3同様図。

20 【図5】本発明の実施例に係るモノモルフ型圧電振動子を用いた機械-電気変換子を製造する工程を示す図。

【図6】本発明の実施例に係るモノモルフ型圧電振動子を用いた機械-電気変換子を製造する工程の一部を示す図。

【図7】本発明の実施例に係るモノモルフ型機械-電気変換子を用いた加速度センサの斜視図。

【図8】本発明の実施例に係るバイモルフ型圧電振動子を用いた機械-電気変換子を製造する工程を示す図。

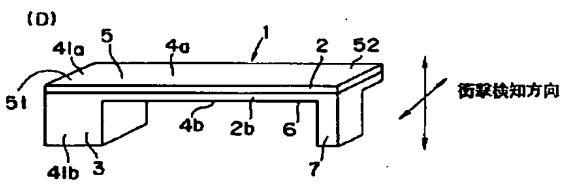
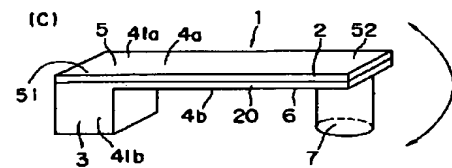
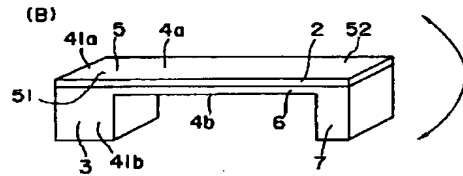
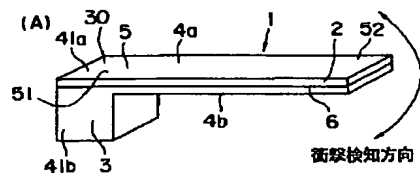
【図9】従来の機械-電気変換子の断面図。

30 【図10】従来の機械-電気変換子の加速度センサの斜視図。

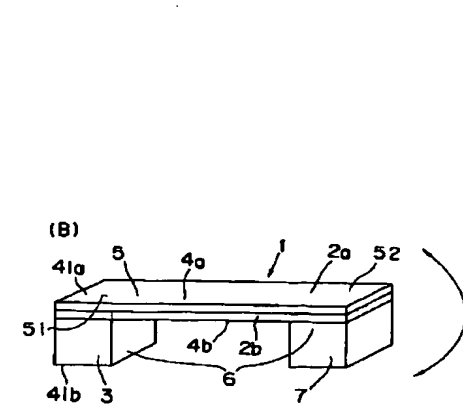
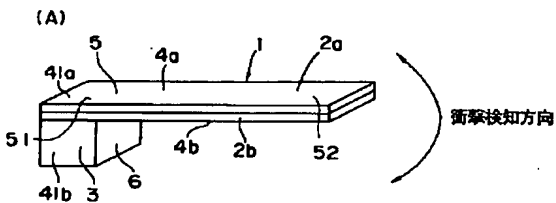
【符号の説明】

- 1 機械-電気変換子
- 2 圧電体層
- 3 支持体
- 4 a 電極
- 4 b 電極
- 5 圧電振動子
- 6 金属層
- 7 重り

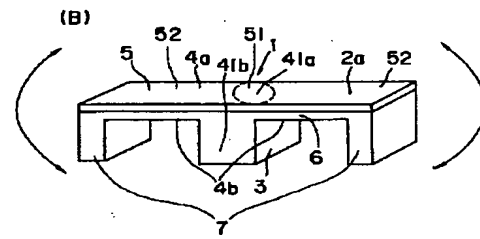
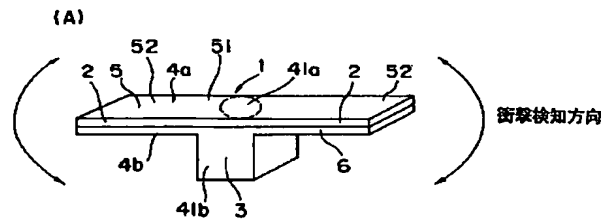
【図1】



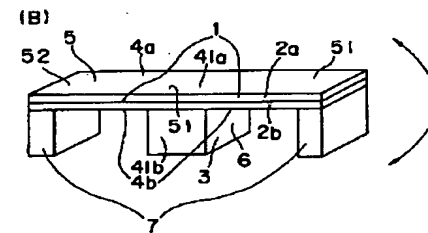
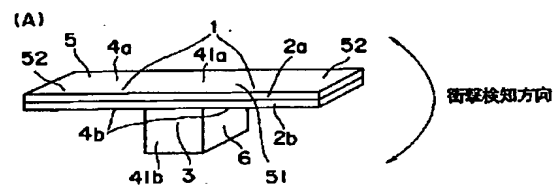
【図3】



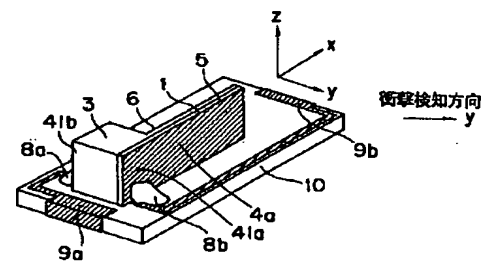
【図2】



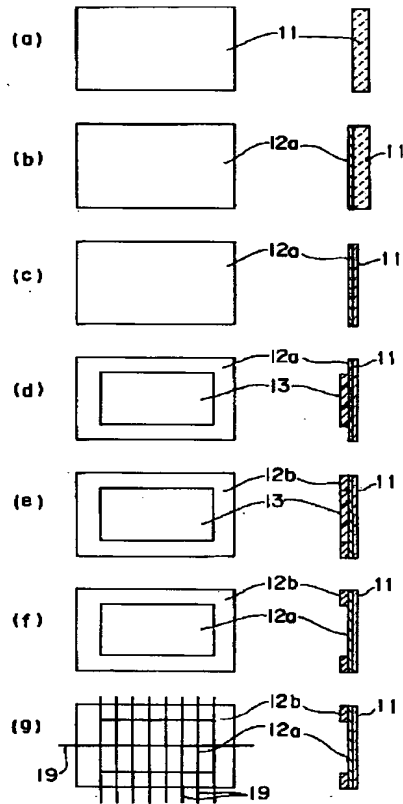
【図4】



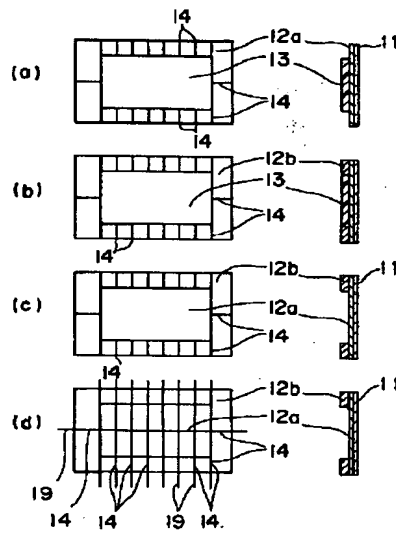
【図7】



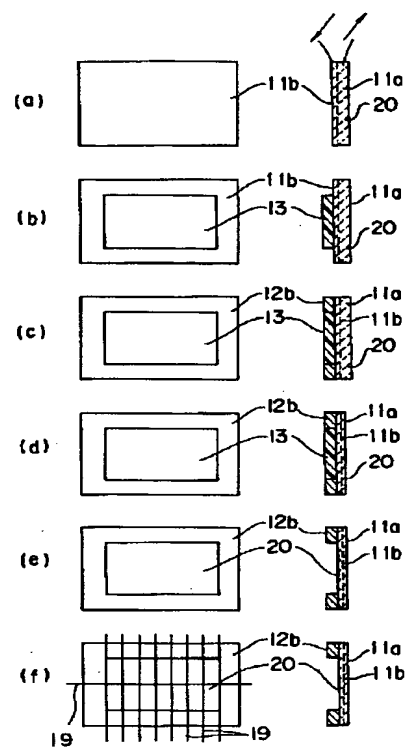
【図5】



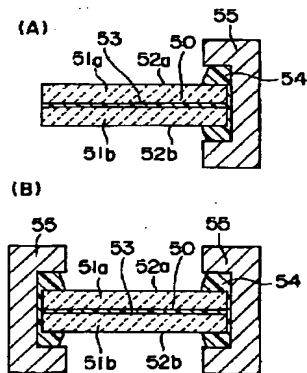
【図6】



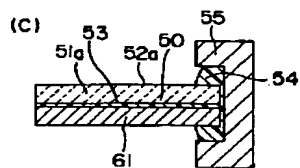
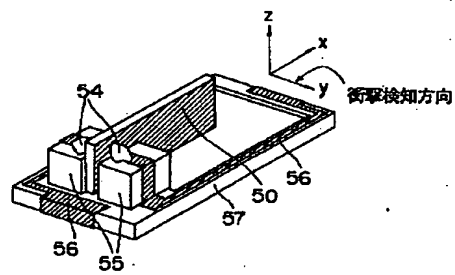
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 川▲崎▼ 修

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**